



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 44 20 145 A 1**

(51) Int. Cl. 6:  
**B 63 B 3/13**  
B 65 D 88/78  
B 63 G 8/00  
B 63 C 11/34  
B 32 B 1/08  
// B63B 35/44

(21) Aktenzeichen: P 44 20 145.1  
(22) Anmeldetag: 9. 6. 94  
(43) Offenlegungstag: 14. 12. 95

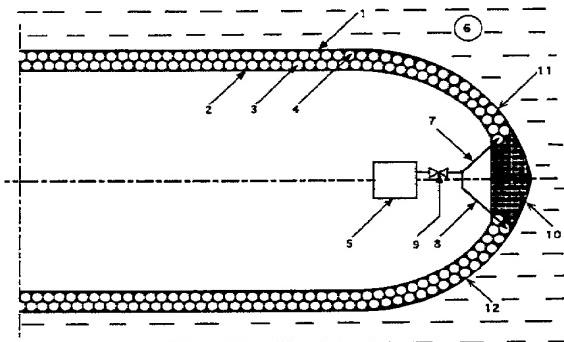
**DE 44 20 145 A 1**

(71) Anmelder:  
Epple, Albrecht, Dr., 59069 Hamm, DE

(72) Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- (54) Druckkörper für Unterwasser-Fahrzeuge oder -Behälter  
(57) Druckkörper für hydrostatischen Außendruck, bei dem als tragende Druckhülle rotationssymmetrisch aufgewickelte Hochdruckrohre verwendet werden, die im Rohrrinnen mit einem hydrostatischen Druck beaufschlagt werden, der gleich hoch wie der äußere hydrostatische Druck des Wassers oder höher ist.



**DE 44 20 145 A 1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10.95 508 050/205

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf Druckkörper, die für extrem hohen hydrostatischen Außendruck dimensioniert werden, wie sie beispielsweise in Unterseebooten, Tauchglocken, Plattformen für die Tiefseeforschung und für die Rohstoffgewinnung am Meeresgrund zum Einsatz kommen.

Es bestehen zwei grundsätzliche Zielkonflikte beim Entwurf und der Herstellung von Druckkörpern der genannten Art. Zum einen muß man die Druckhülle so steif machen, daß sie dem hohen hydrostatischen Druck des Wassers — ohne zu beulen — standhält. Zum andern muß trotz teilweise beträchtlichen Eigengewichts ein noch genügend großer Auftrieb für das Wiederauf-tauchen auch unter Last gewährleistet werden können. Dies ist ein Optimierungsproblem, für das es in der Praxis unterschiedliche Ansätze gibt.

Die übliche Art ist die Annäherung an die geometrisch günstigste Form der Kugel oder doch zumindest an die des Zylinders mit stirnseitigen Kugelkalotten unter Verwendung von Stahl in den verschiedensten Legierungen als einschalige Druckhülle. Wegen des hohen spezifischen Gewichts der Stähle mit rd. 7,8 t/cbm wird mit zunehmender Druckkörpergröße das Verhältnis von Materialaufwand für die Druckhülle zu dem Gewinn an Auftrieb sehr bald ungünstig.

Bei zweischaligen und mehrschaligen Konstruktionen besteht die Möglichkeit, eine Schale aus Titan herzustellen. Spezielle Titanlegierungen sind hochfest bei deutlich geringerem Gewicht als die üblichen Schiffsbau-stähle. Wegen der relativ hohen Kosten für Titan ist diese mehrschalige Bauweise in der Praxis auf Sonderbauweisen, wie z. B. einige Atom-Unterseeboote, be-schränkt.

Es sind weitere Ansätze bekannt, um das Gewicht der Druckhülle zu reduzieren und damit den spezifischen Auftrieb zu verbessern. In DE-OS 26 30 714 wird ein Druckkörper in Spanbauweise beschrieben, bei dem der radial wirkende Außendruck durch einen innenliegenden Ringflansch unterstützend abgefangen wird. Auch in DE-OS 29 08 312 werden Versteifungen vorgeschlagen, die sowohl innerhalb des Druckkörpers als auch außerhalb angebracht werden können. Eine ähnliche Druckaussteifung wird auch bei PCT/GB88/00840 beschrieben. All diese Vorschläge sind sehr aufwendig und haben sich in der Praxis — soweit bekannt — nicht durchsetzen können.

Shinozuka — US-P 4 228 759 — schlägt vor, den Druckkörper aus verschiedenen konzentrischen räumlichen Schalen herzustellen, die gegeneinander elastisch abgestützt werden und bei denen die Schalenzwischenräume mit Luft oder mit einer Flüssigkeit unter Druck gesetzt werden. Der erforderliche Druck wird nach Anzahl der Schalen als Bruchteil der Druckdifferenz zwis-schen Außen- und Innendruck angegeben. Santi — US-P 4 282 823 und DE-OS 29 16 073 — beschreibt die Verwendung von nebeneinander angeordneten torischen Hohlkörpern, die druckfest miteinander verbunden sind. Diese Vorschläge sind relativ aufwendig und es sind keine Anwendungen bekannt, die nach den vorgeschla-genen Prinzipien arbeiten.

Ferner ist es Stand der Technik, daß Druckkörper auch aus anderen als den bisher beschriebenen Materialien hergestellt werden können. So wird in DE-OS 30 46 000 eine mehrschalige Verbundbauweise in faserverstärktem Kunststoff beschrieben, bei der die einzelnen Schalen mit einem Kunststoff druckfest verbun-

den sind. Die Kombination von druckbeständigen Hohl-elementen und einem sog. syntaktischen Schaum wird in DE-OS 35 11 364 vorgeschlagen. Da die meisten Kun-ststoffe bei Belastung ein viel ausgeprägteres Fließverhal-ten als Stähle zeigen, ist anzunehmen, daß derartige Konstruktionen nur für Kurzzeitbeanspruchung und bei nicht allzu hohen Drücken zur Anwendung kommen.

Die Erfindung setzt sich zum Ziel, die Nachteile der bekannten Systeme zu vermeiden. Dies wird erfin-dungsgemäß mit dem im Anspruch 1 gekennzeichneten Druckkörper erreicht. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung wiederge-geben.

Erfnungsgemäß besteht der Druckkörper, der geo-metrisch vorzugsweise eine Hohlkugel oder ein Ring-rohr mit beidseitigen Kugelkalotten als Endkuppen sein kann aus einer relativ dünnen formgebenden Schale, auf die von den Kuppenenden beginnend Hochdruckrohre dicht an dicht (druckfest) schichtweise aufgewickelt werden. Die Enden der Rohre, mindestens jedoch der Anfang und das Ende aus jeder Wickellage wird ins Innere des Druckkörpers geführt. Die Rohre werden mit einer inkompressiblen Flüssigkeit — vorzugsweise Wasser — gefüllt. Ein Rohrende kann nach der Entlüf-tung fest verschlossen sein, wohingegen das andere Rohrende mit einer Rückschlagsicherung an eine Hy-draulikpumpe angeschlossen ist. Entsprechend dem hydrostatischen Außendruck, dem der Druckkörper auf-grund seiner Tauchtiefe ausgesetzt ist, wird in den Hochdruckrohren ein Innendruck aufgebaut, der be-tragsmäßig gleich hoch wie der hydrostatische Außen-druck oder höher ist.

Der Druck in den Rohren bewirkt daß der auf den Druckkörper radial wirkende hydrostatische Außen-druck in tangentialer Richtung abgetragen wird. Da der Außendruck gleichmäßig auf den gesamten Umfang wirkt, heben sich diese Umlenkräfte gegenseitig auf und ergeben eine Längsdruckbelastung in den Rohren. Der Innendruck in den Rohren ist problemlos be-herrschbar. Es gibt handelsübliche Hochdruckrohre, die für 1000 bar und darüber zugelassen sind, was bei der vorgeschlagenen Anordnung einer Tauchtiefe von überschlägig 10.000 m entspricht. Die Materialbean-spruchung in den Druckrohren ist jedoch mehrachsig, da sowohl von der Rohrwandung der Innendruck als auch die Stützkräfte aus der oben beschriebenen Kraft-umlenkung aufgenommen werden müssen.

Der Durchmesser der Hochdruckrohre bestimmt sich bei einer vorgegebenen Metalllegierung aus dem zuläs-sigen Biegeradius für die Biegeverformung, wobei an den Kuppenenden vorwiegend Warmverformung und in den übrigen Bereichen vorwiegend Kaltverformung angebracht sein wird. Die Wanddicke und die Anzahl der Rohrlagen ergeben sich aus der mehrachsigen Druckbeanspruchung.

Ein Versagen der Druckhülle zufolge Beulens tritt wegen der rotationssymmetrischen Anordnung der Druckrohre, deren gegenseitige druckfeste Abstützung und wegen des hohen hydrostatischen Innendrucks der Rohre viel später ein als bei konventioneller Schalen-bauweise und gleicher Gesamtwanddicke.

Das tatsächliche Einsparungspotential an Material und Gewicht hängt bei gleichen Bedingungen an die Sicherheit unter anderem von den geometrischen Gegebenheiten des Druckkörpers, dem Material und der Form der Hochdruckrohre ab. Überschlägige Berech-nungen lassen eine Gewichtsreduzierung der Druckhülle bei gleicher Stabilität und gleichem Auftrieb von 30%

gegenüber der konventionellen Bauweise erwarten. Dazu trägt nicht zuletzt die Tatsache bei, daß die Rohre vorzugsweise mit Wasser gefüllt sind, das im getauchten Zustand gleich schwer ist wie das umgebende Meerwasser und dadurch keinen Abtrieb verursacht.

Die Auftriebwirkung kann zusätzlich erhöht werden, wenn als Füllung für die Hochdruckrohre eine Flüssigkeit mit geringerem spezifischem Gewicht als das umgebende Meerwasser — z. B. Leichtbenzin — verwendet wird.

In den Fällen, in denen in den Druckröhren ein gleich großer Innendruck wie der des umgebenden hydraulischen Drucks des Meerwassers ausreicht, kann dieser Innendruck unter Umgehung der Hydraulik-Hochdruckeinheit direkt über einen Außenanschluß bewerkstelligt werden.

Des weiteren ist es möglich, bei mehrlagigem Aufbau der Druckhülle den Druck in den Röhren in den einzelnen Rohrlagen zu variieren, um den Erfordernissen Rechnung zu tragen, die sich aus der elastischen Verformung innerhalb der Druckhülle ergeben.

Ferner ist es denkbar, über die Länge des Druckkörpers die Röhre in getrennte Kompartimente aufzuteilen, deren Rohrenden jeweils einzeln in das Innere des Druckkörpers geführt werden, wobei die Entlüftung und der Druckanschluß in analoger Weise wie bei der einteiligen Ausführung zu erfolgen hat. Diese Ausführungsform kann sinnvoll sein, wenn es notwendig ist, Bereiche mit Einstiegslochen und sonstigen Durchbrüchen in der Druckhaut konstruktiv anzuschließen.

Aus konstruktiven Gründen kann es sinnvoll sein, daß die üblicherweise unidirektionale Wickelrichtung der einzelnen Rohrlagen so variiert wird, daß sich die einzelnen Lagen in einem spitzen Winkel kreuzen.

Weiterhin ist es möglich, das Prinzip des erfundsgemäßen Druckkörpers mit der konventionellen Schalenbauweise zu kombinieren, um z. B. bestehende Druckkörper zu verstärken oder, um Kräfte, die aus Anhängelasten resultieren und die nicht wie der Wasserdruk radial auf die Druckhaut einwirken, aufnehmen zu können.

Nachstehend ist eine Ausführungsform des erfundsgemäßen Druckkörpers anhand der Zeichnung näher erläutert, deren einzige Figur schematisch die Hälfte eines Längsschnittes durch ein Ringrohr mit Endkappenausbildung zeigt.

Der Druckkörper 1 besteht danach aus einer relativ dünnen formgebenden Schale 2, die zu den Enden hin in einer unter hydrostatischen Gesichtspunkten günstigen Form ausläuft und durch eine Kappe 10 abgeschlossen wird. Auf diese formgebende Schale 2 wird von den Kuppenenden (Kappe 10) an beginnend, eine Lage Hochdruckrohre 3 druckfest aneinander über den gesamten Mantel bis hin zu dem nicht gezeigten anderen Kuppenende aufgewickelt. Die beiden Rohrenden 7 werden über die Kappen 10 druckfest in das Innere des Druckkörpers geführt, wobei in der Zeichnung nur das erste Rohrende 7 nicht jedoch sein Gegenstück, das andere Rohrende eingezeichnet ist. Etwaige Hohlräume zur formgebenden Schale 2, zur Kappe 10 und zwischen den einzelnen Rohrwindingen 3 werden druckfest verfüllt (11). In der Zeichnung ist eine zweite Wickellage aus Hochdruckrohren 4 gezeigt, die in gleicher Weise wie die erste Lage angeordnet ist. Das Rohrende 8 dieser zweiten Lage wird mit dem Rohrende 7 der ersten Lage verbunden und über ein Rückschlagventil 9 an eine Hydraulik-Hochdruckeinheit 5 verbunden. Die letzte Rohrwickellage wird druckfest vergossen (11) und

sofern nötig, mit einer nichttragenden Deckhaut 12 überzogen, um die Reibung unter Wasser zu verringern.

Über die Hydraulik-Hochdruckeinheit 5 wird inkompressible Flüssigkeit in die Hochdruckrohre 3 und 4 gepumpt. Die Leitungen werden über die nicht gezeigten Rohrenden der beiden Rohrlagen entlüftet und verschlossen. Der Druck in den Röhren 3 und 4 wird durch die Hydraulik-Hochdruckeinheit so gesteuert, daß er mindestens dem hydrostatischen Außendruck beim Abtauchen des Druckkörpers entspricht.

#### Patentansprüche

1. Druckkörper für Unterwasser-Fahrzeuge oder -Behälter, der einem hohen hydrostatischen Druck widersteht, dadurch gekennzeichnet, daß die tragende Druckhaut mindestens einlagig aus druckfest neben- bzw./und aufeinander gewickelten Hochdruckrohren besteht, die ihrerseits im Rohrinnern mit einem hydrostatischen Druck beaufschlagt sind, der gleich hoch wie der äußere hydrostatische Druck des Wassers oder höher ist.

2. Druckkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der hydrostatische Rohrinnendruck unter Ausnutzung des hydrostatischen Umgebungsdrucks des Meerwassers erzeugt wird.

3. Druckkörper nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die die Druckhaut bildenden Hochdruckrohre aus mehreren getrennten Segmenten oder nebeneinander liegenden und nicht hydraulisch verbundenen Röhren bestehen, die ihrerseits im Rohrinnern mit dem gleichen hydrostatischen Druck beaufschlagt sind.

4. Druckkörper nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehrlagigem Aufbau, die Orientierung der einzelnen Rohrlagen zueinander sowohl parallel als auch unter einem spitzen Winkel angeordnet sein können.

5. Druckkörper nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Rohrlagen der Druckhaut in radialer Richtung mit graduell unterschiedlich hohem hydrostatischem Druck beaufschlagt werden.

6. Druckkörper nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Füllflüssigkeit der Hochdruckrohre der Druckhaut eine Flüssigkeit mit einem spezifischen Gewicht leichter als Wasser, z. B. Leichtbenzin, verwendet wird.

7. Druckkörper nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochdruckrohre sowohl einen runden als auch einen im wesentlichen rechteckigen Querschnitt haben.

8. Druckkörper nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß die gewickelten Hochdruckrohre in der Wickelebene miteinander formschlüssig verbunden sind.

9. Druckkörper nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die druckbeaufschlagten Hochdruckrohre in Kombination mit einem konventionell hergestellten Druckkörper in Verbundbauweise eingesetzt werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

